

A fizika tanításáról az egyetemen.*

E rektori széken elődeim példáját akarom követni én is, mikor egyetemünk egy feladatáról, a fizika tanításáról szándékozom beszélni.

Szűkkörű, csak nekem s legfeljebb még néhány társamnak kedves tárgy, gondolják talán többen is, hibáztatván, hogy nem általánosabb érdekű dolgokra fordítom a figyelmet.

De tisztelt gyülekezet, én épen abban látom a hibát, hogy nyilvános ügyeink tárgyalása alkalmával nagyon is az általánosságokban tetszelgünk, s a szakembernek meggyőződésén alapuló véleményére, mint valami magánügyében hozott ítéletre, kellő súlyt nem helyezünk. Pedig még a legáltalánosabb és legszélesebb körű kérdések megoldásához is legbiztosabban az az út vezet, melyet a részleteiben földerített igazság tűz élénk s az, a ki ezt a sokszor hosszadalmas és fáradságos utat követi, jobban megóvja magát a csalódásoktól, mint az, a ki ötletszerűen kimondott általános tételek csábító szavaira hallgat.

Azért én is most, a mikor az egyetemi tanítás kérdéséhez akarok szólni, inkább csak annak egy részére szorítom tárgyalásomat és mint fizikus a fizika tanításáról fogok beszélni.

Nem lehet szándékom, hogy ez előadásom keretében tárgyamat kimerítsem; csak egyet-mást fogok elmondani azon kérdésekre vonatkozólag, melyekben nem ritkán nyilvánuló zavaros nézetekkel szemben leginkább szükségesnek tartom a felvilágosítást.

* Az egyetem újjáalakításának évfordulója ünnepén felolvasott rektori beszéd kivonata.

Az első kérdés, mellyel tisztában kell lenni annak, a ki tanítani akar, az, hogy kit tanít.

Bölcsészeti karunkon képviselt tudományok hallgatói között vannak olyanok, a kik magukat valamely szakban tudósokká kívánják képezni, olyanok, kik azt a szakot mint segédtudományt tanulják s végre olyanok, kik azzal a szakkal csak általános műveltségük kiegészítése végett foglalkoznak. A hallgatóknak mind e három csoportja méltán kívánhatja, hogy az egyetemen megtalálja, a mit keres; de azért ne gondoljuk, hogy mindegyikére nézve külön-külön intézkedések volnának szükségesek. Vezessük csak valamennyit ugyanahhoz a forráshoz, a tiszta tudomány forrásához s legyünk azon, hogy e forrásból eredő folyónak mentén kedvvel kövessen ki-ki addig, a meddig ideje és ereje megengedi.

Nem az a feladat, hogy minden hallgatóknak mást, hanem az, hogy mindegyiknek eleget adjunk.

Azokon kezdem, a kik tőlünk legtöbbet várnak, azokon, a kiket mint tudós társainkat legmesszebbre kell vezetnünk s a kiktől csak akkor volna szabad megválnunk, mikor már segítségünk nélkül maguk tudnak tovább haladni.

És vajjon kik ezek?

Ritka még egyetemünkön az olyan tanuló, a kinek ne volna más vágya és ne volna más gondja, mint az, hogy tudóssá váljék. Ne gondoljuk azért, hogy a magyar ember tudományra nem való, nem fajunknak valami sajátos hibája okozza e magában véve szomorú fogyatkozást, hanem csakis az, hogy, a mi

műveltségét illeti, még fiatal nemzetünk közvéleményében nem erősödött meg eddig az a meggyőződés, hogy a tudomány által gazdagabbá válik a gazdag, hatalmasabbá a hatalmas.

Van a mi ifjaink között is elég olyan, a ki a tudományért lelkesedni tud, s ha sorsa nem engedi is meg, hogy gondtalanul csak a tudománnyal foglalkozzék, örömmel választ legalább olyan életpályát, mely a tudomány közelébe hozza.

A fizika hallgatói között is van egy ilyen lelkes kis csoport: a középiskolai tanárjelöltek.

Ők azok, a kiket e szakban tudósokká kell képeznünk; tudósokká mindenekelőtt azért, hogy tanítani tudjanak.

Sokszor hallottam én már, és pedig a tanüggyel foglalkozók szájából is, azt a véleményt, hogy a középiskolába, az általános műveltség ez iskolájába, nem kell szaktudós, hogy a tanár, ki ott nem kizárólag egy tudomány szakot, hanem legalább is több rokon, sőt a mi elég sajnos, néha egészen külön fajú tantárgyakat is köteles tanítani, ha egy tudományba belemélyed, ezáltal egyoldalúvá és elfogulttá válik és szélesebb körű feladatának megfelelni nem tud. Vajjon nem megfordítva áll-e a dolog? Én legalább meg vagyok győződve, hogy az, a ki egy szakban igazán jártas, abból magának nemcsak ismereteket gyűjtött, de művelésével tudományosan gondolkozni is megtanult: az könnyen el fog igazodni akkor is, mikor kötelessége egy másik szakkal foglalkozásra hívja, csak úgy mint a hajós, a ki egy tengeren hajókázni megtanult, megtalálja útját az ellenlábas tengereken is, és mint az alpesi vezető, mikor a Himalája és a sötét Afrika égbenyúló csúcsaira felvezet.

Nem olyan mesterség az a középiskolai tanárság, melyen a tanítás módjára előírt szabályok szolgásterű alkalmazásával boldogulni lehetne; a norinbergi tölcser csak olyan utópia mint a bölcsék köve. Ne is ennek a tölcsernek keresésére fordítsuk időnket, hanem

inkább arra törekedjünk, hogy tiszta legyen a tej, mellyel a gyermeket táplálni akarjuk.

Igen, képezzük tudósokká középiskolai tanárainkat azért, hogy tanítani tudjanak, de azért is, hogy pályájokon, a mely földi javakkal, dicsőséggel és bizony még az érdemelt elismeréssel is alig kecsegtet, ne bénuljon el erejük a mindennap ismétlődő feladatok iránti közönyösségben, hogy legyen egy olyan foglalkozásuk is, a mely varázsával mindig ébren tartsa törekvésüket és megnyisson előttök olyan utat, a melyen a magasabbra törő emelkedhetik.

Képezzük őket tudósokká végre még azért, hogy nemzetünknek a tudomány terén munkásokat adjunk, mert bizony az ezer év után, a melyet jól, rosszul e hazában töltöttünk, még sok itt a tenni való.

Egy kérdést érintettem meg ezekkel, a melyről ma sokszor hallunk beszélni, a tanárképzés kérdését. Nem sok az, a mit itt, mint lényegeset a mondotakhoz hozzá tehetek.

A ki jogosultnak ismeri el azt a kívánságot, hogy középiskolai tanáraink tudós szakemberek legyenek, az nem habozhat soká azon sem, hogy kiképezésüket az egyetemre, vagy jobban kifejezve, az egyetem egyes szaktudósaira kell bízni. Ebből a szempontból nézve fölöslegesnek, sőt károsnak tűnik fel minden olyan intézkedés, a mely, mint a ma fennálló tanárképző intézet, az egyetemtől bárcsak névleg is elvon egy olyan kötelességet, a melynek tudományos feladatai között a legelsőek egyikének kellene lenni.

Adjuk vissza a tanárképzés ügyét minden felelősségével együtt az egyetemnek, egyes szakokban a műegyetemnek, bizzuk a filológus kiképezését a filológusra, a hisztikusét a hisztikusra, a fizikusét a fizikusra és meg lehetünk győződve, hogy az egyes szakember jobban fog gondoskodni minden egyes jelöltnek tanmenetéről és haladásáról, mint bármiféle szabályzat együttesen valamennyire nézve tehetné.

Szükséges-e, és mi módon a tanárjelöltet a középiskolai tanítás gyakorlatába bevezetni? Hogyan lehetne gondoskodni arról, hogy a jelöltek tanulmányaik idejében gondtalanul csak a tudományokkal foglalkozhassanak? Ezek olyan részletes kérdések, a melyekkel itt foglalkoznom nem volna helyén.

Legyen elég az, hogy azok ellenében, a kik már azt a kevés tudományt is sokalják, a melyet tanárjelöltjeinktől a képesítő vizsgálat ma megkövetel, kifejezést adok azon meggyőződésnek, hogy javulást a tudományos színvonalnak nem alábbszállítása, hanem fölemelése eredményezhet.

Említettem már, hogy a tudósképzésen és a tanárképzésen kívül a fizika tanításának az egyetemen van még egy másik, nem kevésbé fontos feladata is, az, hogy kellő oktatásban részesítse mindazokat, a kik mint segédtudományt, vagy mint általános műveltségük kiegészítő részét tanulják e szakot.

Igazán segítő, igazán művelő csak úgy lehet e tanítás, ha nem szorítkozik ismeretek közlésére, hanem a mellett arra törekszik, hogy alapját vesse annak a gondolkozásmódnak, a melyet ma rendszeren természettudományi gondolkozásnak szoktak nevezni. Nem érték én ezen valami kiváltságos, csak a természettudós gondolkozására mértékadó szabályokat. A természettudósnak erőt inkább a gondolkozásnak az a józan szabadsága ad, mely nem akadályoztatja haladását, még ugrásait és repülését sem, de a mely maga kérlelhetetlen elfogultsággal hívja fel az ítélet szigorát arra, hogy eredményeink értékét megállapítsa. A fellegekben jár néha úgy, mint a költő, de meg tudja mondani mindig, milyen magasra emelkedett. A természettudósnak ez erejét erényének is nevezhetnők, s a tanításnak nem lehet magasztosabb célja, mint hogy erre buzdítson.

Az emberi tudás könyvében bizonyára nincsen fényesebb lap, mint az, a melyre Galilei mechanikája és Newton gravitáció-elmélete van föl-

jegyezve. Ha ezt a lapot elolvassuk, az eredmények nagyszerűségénél, az egész rendszernek részarányos művészi felépítésénél még inkább bámulatra ragad és még többre tanít az az elfogulatlan ítélet, mely a gondolatmenetnek minden állítását valódi értékében tünteti fel és mely, bár lépten-nyomon tudásunk korlátoltságára int, tudásvágyunknak mégis megnyugvást szerez az által, hogy legalább számot ad arról, mennyire közelítettük meg az igazságot. A természettudományoknak nincsen más ilyen fényes lapok; vannak ugyan meglepőbb kísérleti eredményei, vakmerőbb következtetései és pontosabb mérései, de nem jött még el a mester, ki azokból olyan egészet tudott volna alkotni, mint a milyen naprendszerünk mechanikája.

Ne legyünk igazságtalanok; nem a mesteren mulik a dolog. A feladatnak aránytalanul nagyobb nehézségei késleltetik a remekmű alkotását, mert azon jelenségekhez mérve, melyeket bármily nagyító eszközökkel élesített látásunk az égi testek óriási terében fel tud deríteni, sokaságukkal és sokféleségükkel egyaránt bonyolódottabbak azok, a melyeket a földön öt érzékünkkel észlelni tudunk. És mert a természet csak annyiban teheti tudásunk tárgyát, a mennyiben érzékeinkkel meg tudjuk ismerni, azért földünknek bárcsak egy négyszög-méternyi területe a rajta észlelhető fizikai változásokkal és életjelenségekkel több dolgot ad a kutató észnek, mint a világtérben szétszórt csillagok járása.

Ezért nem érte még el az égi testek mechanikáját a tudománynak egy más ága sem s ezért jár hozzá még legközelebb Galilei és Newton egyenes örököse, a fizika, mely a földi jelenségek változatos sokaságában a legegyszerűbbeket tartotta fenn magának.

Annak, a ki előljár, az útmutató teendőit kell elvállalni; ezt teszi ma a fizika, mikor a természettudományok más ágainak útjait előkészítve, ez utakat kritikájának fényével megvilágítja.

Nem vonja azt kétségbe senki, hogy bizonyos mértékben minden természet-

tudósnak fizikusnak kell lenni, s azért nem érhet a szakom iránt való elfogultság vádjá, ha azt állítom, hogy ezt az alapvető szakot elhanyagolni sem annak nem szabad, a ki a természettudományokon alapuló gyakorlati foglalkozásra készül, sem annak, a ki a természettudományok gondolatmenetével művelődése szempontjából kíván megismerkedni.

Tartok mégis egy ellenvetéstől. Attól, hogy okoskodással nagyon is a csillagok között jártam.

Van, a ki azt gondolja, hogy a fizikusnak nem is a csillagokkal és a Földdel, nem égi és földi jelenségekkel, hanem azokkal az eszközökkel van dolga, a melyeket laboratóriumában összegyűjt és azokkal a tüneményekkel, a melyeket velők elő tud állítani. Mire való például az orvost a csillagok járására tanítani, mikor gyakorlatában a thermométerrel, a galvánelemmel és a mikroszkóppal is beéri?

Volt már alkalmam ilyen kérdésekre megfelelni; úgy hiszem, hogy nem is tartoznak ide, mert a mikor az egyetem tanításáról, tehát tudományos tanításról szólok, csak a gyakorlat terén működő tudósokkal illik foglalkoznom, nem pedig a gyakorlatra, mint valami mestersegre netán képesíthető egyénekkal, a kiknek kiképezése, még ha ne talán kívánatos volna is, nem lehetne a tudományok egyetemének feladata.

De ne legyünk azért túlkövetelők azokkal szemben, a kik mint segédtudományt tanulják a fizikát. Elég az, ha a mellett, hogy e tudomány gondolatmenetét valamennyire elsajátították, a tudományos anyag felett olyan áttekintést szereznek, a mely őket az elemi kézikönyvek használatára képesítse úgy, hogy azokból adandó alkalommal a szükséges felvilágosítást maguknak meg tudják szerezni.

Miután szoltam arról, kiket tanítunk, áttérhetek arra a másik kérdésre, milyen előadásokban tanítsunk? Nem volna helyén, de nem is szükséges, hogy címeiket soroljak fel, tanórarendünk

valóban arról tanuskodik, hogy nem szűkölködünk fizikai előadásokban.

Előadás van elég, csak tudja a tanulni vágyó azt, a mi van, hasznára fordítani.

Egy, a fizikát egészében áttekintő, kísérleti előadás kétségtelenül elég lesz azoknak, a kik vele mint segédtudománnyal foglalkoznak. Meg kell fontolnunk azonban, mire van ezenkívül szükségök a szaktudósokká készülőknek, különösen tanárjelöltjeinknek.

Jövendő tudós társaimról szólván, a midőn az ő tanulmányaik berendezésében nekik akarok tanácsot adni, mi sem természetesebb, mint az, hogy a magam fejlődés iránta gondolkodom.

Mathematikán kezdtem, chemián folytattam s majdnem több órát fordítottam ezek tanulására és gyakorlatára, mint saját szakom előadásaira, különösen pedig gyakorlataira. És minthogy a fizikának leginkább csak elméleti részével ismerkedtem meg behatóbban, végre mégis a kísérlet terén lettem erősebb. Jobb utat ennél nem tudok kijelelni. Ha kérdezné tőlem a fizikus tanárjelölt, hogyan rendezze be tanulmányait, azt mondanám neki, tanuljon chemiát és gyakorolja magát benne azért, hogy a kísérletezésben leleményessé váljék, tanuljon elméleti fizikát s hozzá matematikát azért, hogy a mikor eszközeivel kérdést intéz a természethez, megértse a választ és végre jöjjön a fizikai laboratóriumba s végezzen ott néhány mérést azért, hogy észlelésének pontosságát megítélni és fokozni tanulja. Jobban fog a kísérletek minden nemében, és még az iskolában is eligazodni az, a ki ezt a tanácsot követve, önállóságra jut, mint az, a ki már előre is csak az iskolai mutatóványok nehézségeire gondolva, idejét arra fordítaná, hogy mint valami különös fogásokat, ellesse a módot, hogyan kelljen vásárolt eszközeit egybe állítani arra, hogy a kísérlet sikerüljön. Nem óras még az, a ki az órát csak felhúzni és legfeljebb üttetni tudja.

Még egyről kell most szólanom, a fizikus tanításának segédeszközeiről. Elő-

deinkéhez képest e tekintetben nagyon ma követelményeink. Öreg uraink, a kik még a régi iskolába jártak s tanáraik kezében alig láttak egyebet, mint krétát és spongyát, ha nem is épen rosszalva, talán kételkedve néznek arra a sok apparátusra, a melyeket a jelen kor természettudósai tantermeikbe hordanak. Talán van is néha okuk a rosszalásra, mert megesis, hogy egyikünk vagy másikunk, mikor nagyon sokat akar mutatni, a tömkelegben vajmi keveset láttat. A kísérlet, mint a matematikai formula, csak akkor való az előadásba, ha a tudomány állításainak kifejezője. Láttam én már képletekkel tele írt táblát, mely nekem semmit sem mondott, és láttam a legfényesebb elektromos fényben projekciót, mely semmit sem világosított fel.

De nem szabad ítéletünket kivételes túlzásokra alapítani. Ma, a mikor eszközeink annyira tökéletesbedtek, hogy például földi tömegek kölcsönös vonzását, vagy a fény hullámhosszát kétháromszáz tanuló szeme láttára tudjuk megmérni, kötelességünk okosan felhasználni azokat arra, hogy hallgatóságunkban a dogmatikus tételekbe helyezett vakhit helyett igazi tudományos meggyőződést keltsünk.

Jelen korunk kétségbevonhatatlan tudomány szeretete megadta az egyetemeknek e gazdag segédeszközöket. A mi közoktatási kormányunk is bőkezűen gondoskodott és gondoskodik azokról. Fizikai intézetünk az előadásokhoz és a gyakorlatokhoz szükséges segédeszközökkel el van látva, s bár elhelyezése az utca közelében és föléje emelkedő magas épületek között erre nem épen kedvező, mégis legalább bizonyos irányokban lehetővé teszi a tudományos kutatást is.

Végig futottam tárgyamon; a mi saját egyetemünk lebegett mindvégig szemem előtt s örömmel mutattam rá, hogy nem vagyunk már szegények, hogy van nekünk kit, van mit és mivel tanítsunk. A gáncsolástól tartózkodtam; nem való az ünnepi beszéd keretébe; de azért

ne tegyen elbizakodottakká, ne tegyen fogyatkozásaink iránt vakokká ez az ünnepi hangulat. Valljuk be, hogy sok jó akarat, sok anyagi és szellemi áldozat daczára még sincs nálunk minden úgy, a mint lennie kellene. Intézeteinkben, a melyek nem kisebbek és nem szegényebbek, mint nyugati szomszédaink hasonló intézetei, nem pezseg még úgy a tudományos élet, mint azokban, és csak kevés hallgatónk válik el egyetemünkől tudományában annyira megerősödve, hogy később még önálló haladásra kedve és készülsége legyen.

Mi ennek oka? Én azt hiszem, sok között leginkább az időnek hiánya. Mi tanárok, kik nemcsak az egyetemi tanításnak, hanem általában a tanügynek és a közművelődés ügyének szolgálatában állunk, életünk jó részét vizsgálatokon és üléseken töltjük, másik részét jelentések, vélemények, számadások és leltárak szerkesztésére fordítjuk s csak közbe-közbe szakíthatunk ki egy-egy órát annak a tudományos gondolkodásnak, a melyben folytonosan elmerülve kellene lennünk.

Tanulóinknak sem jobb a sorsuk; tanfolyamuk alatt elhalmozva dologgal, mindig sietniök kell, sietniök, hogy a vizsgálatról el ne maradjanak, illetőleg el ne bukjanak, s ha végre letettek minden vizsgálatot, sietniök kell megint azért, hogy kenyérhez jussanak.

Nagy baj az, a melyet jeleztem, a melyen rögtön, egy intézkedéssel segíteni nem lehet, hiszen arra minden előtt az volna szükséges, hogy minden tekintetben gazdagabbá váljunk; de azért nem szabad elmulasztanunk legalább a kicsinyben való gazdálkodást, mert, a mint a fillérekből forintokat, úgy a percekből órákat és napokat gyűjthetünk.

Kövessük legalább tudományos kérdéseinkben azt az elvet, hogy a mire elég egy megbízható embernek szava, azt ne tegyünk mindig egész testületek tanácskozásának tárgyává, s a mit egy sorban megírhatunk, azt ne fejtegetssük egész íveken.

Egyetemünk újjáalakításának idejében, az akkor még kis városban és kicsinyes viszonyok között bizonyára szabadabban rendelkezhetett ki-ki idejével. Legyünk azon, hogy ezt a szabadságot mai bonyolodottabb viszonyaink között is helyre állítsuk; mert ha majd egyszer

egyetemünkön tanárnak és tanulóknak megint lesz bőven érkezése, hogy tanítva vagy tanulva tudományával foglalkozzék, akkor fel fog derülni egy második újjáalakulás hajnala!

BR. EÖTVÖS LORÁND.

A mesterséges esőről.

Ha nagymennyiségű levegő páratartalmának sűrűsödési foka alá lehub, páratartalma láthatóvá válik és pedig, ha a lehülés nem nagyon erős, köd vagy felhő alakjában, ha pedig a hőcsökkenés igen jelentékeny, eső vagy hó alakjában. Igen sokat foglalkoztak az utóbbi években azzal a kérdéssel, vajjon nem volna-e lehetséges a Földnek akár-melyik helyén a levegő vízpáráinak esővé való sűrűsítését mesterséges úton előidézni és a legkülönbélebb módokon próbáltak esőt csinálni. A kísérleti eredményeket feltüntető bizonyítékok eddig-e nagyon határozatlanok és egymásnak ellenmondók.

Ötven éve, hogy Espy észak-amerikai meteorológus az esőkészítés eszméjét felvetette.* Úgy vélekedett, hogy a földről felszálló meleg levegőoszlop esővel jár ciklónokat, tornádókat, forgatagokat hoz létre. Ha tehát mesterséges úton meleg levegőoszlopot hajtunk a magasba, az esőkészítés kérdése meg van oldva. Ajánlatot is tett a kormánynak, hogy államköltségen hajlandó kísérleteket végezni. A kormány az ajánlatot nem fogadta el, a kísérletek abba maradtak. Akadt azonban 1857-ben egy Mackay nevű mérnök, a ki Espy módszere szerint Floridán kísérletet tett és pedig, mint maga leírja, sikerrel. Egy kiválasztott területen olyankor, mikor az égen még ökölnagyságú

felhő sem mutatkozott, nagy rakásra halmozott száraz füvet gyújtott meg. A mint a magasra szállt füstgomolyok oszladoztak, az égboltozaton felhő alakult. De alig hogy ezt észlelte, már is messziről erős dörgés hallatszott és villámok cikáztak. Nemsokára megeredt az eső.

E látszólagos siker Espy-t még jobban megerősítette nézetében, a mely ma is talál még hívókra, noha ismételtlen megczáfolták. A messziről hallatszó menydörgés — mondja Faye idézett értekezésében — Mackay-t arra figyelmeztethette volna, hogy a zivatar távolról jön. A melegebb vidékeken derült idő közepette gyakori eset a forgataggal vagy tornádóval párosult zivatar. Kezdetben nem látni egyebet egy cseppecske felhőnél (a portugál hajósok »ökör-szemé«-nél), a mely eleinte igen lassan gyarapszik, azután roppant gyorsan és csakhamar beborítja az égboltozatot. Eszébe sem jut senkinek, hogy a zivatar ott helyben keletkezett.

Egy másik esemény, a mely a nagy tűznek esőkészítő hatását támogatni látszott, 1871-ben Chicago vidékén történt, a hol egy óriási tűz alkalmával beállott eső az emberekben általánosan azt a hitet keltette, hogy az eső a tűz következtében keletkezett. De Lapham P. a »Signal Office« segédje minden komolyan gondolkozó előtt tönkre tette e hitet azzal az észleletével, hogy csakis negyednapra a tűz keletkezése után esett, a levegő különben sem volt csendes, a páratartalom pedig igen nagy volt.

Nem érdektelen az sem, hogy Bell

* Lásd Comptes Rendus CXIV. k. 17. sz. Faye: Sur les moyens de provoquer artificiellement la formation des pluies.